

実践Ⅰ

科目

ss 生物α

単元（活動）名

生物の特徴

【身につけたい資質・能力】

生物の共通性と多様性について、観察、実験などを通して探究し、多様な生物がもつ共通の特徴を見いだして表現することができる。（思考力・判断力・表現力）

【教材・評価問題】

分子系統樹は、生物が共通して持つ遺伝情報をもとに多様な進化の道筋を表したものである。本実践では、夏目漱石の「吾輩は猫である」の序文の一部を変更した文章を5種類用意し、この変異を遺伝情報に見立てて、グループで議論しながら各文章の系統関係を類推し、分子系統樹の基本的な概念と学際的な応用について探求する教材を作成した。

【単元（活動）案】

次ページ参照

【分析①】成果と課題を含めて

成果分析には、行動観察、授業振り返りルーブリックによる自己評価（A B Cの3段階）、および問題の基となったセンター試験問題（2017年度 生物/追試験 第7問の問3）を利用した。

協同的な活動では、グループ内で作業を分担したり、自分の考えを他の班員に説明したり、各文章の系統関係についてお互いに議論したりする様子が見られた。授業振り返りルーブリックでは、「思考力・判断力・表現力」の自己評価で「A」をつけた生徒が52.5%、「主体性」について「A」をつけた生徒が70.0%、「協調性・多様性」について「A」をつけた生徒が75%であった。いずれの項目でも自己評価で「C」をつけた生徒はいなかった。

「思考力・判断力・表現力」の自己評価について、「A」をつけた生徒が半数程度に留まった理由として、無根系統樹の作成まで到達できた班が8班中3班あり、その班員が自己評価に「B」をつけたことが主な原因と考えられる。しかし、同じ考え方で解くことができるセンター試験問題について、実践前後で正答率が67.5%から92.5%に上昇した。このことから、生徒の思考力は十分向上したと評価した。

無根系統樹を作成しない活動するか、ワークシートの無根系統樹の作成方法の説明を工夫するなどすれば、「思考力・判断力・表現力」の自己評価もより高まるのではないかと考える。

1 目的

分子系統樹の概念は、もはや生物学研究のみの専用ツールではなくなり、人文科学の分野でも研究・応用が進められている。時間的・空間的変遷をたどり類縁関係を明らかにするという系統樹作成の手法は、言語や民俗、写本などの文化遺物の系譜を明らかにすることにも応用されている。

本教材は、生物学とは異なるアプローチによる演習を通して、分子系統樹の基本的な考え方を学ぶとともに、人文科学的な応用事例を学習することにより、生徒の中の理系・文系という垣根をリフレーミングすることがねらいである。また、本実習は、入学後1ヶ月が経ち、クラスや高等学校の授業にも慣れたところで、生徒の「思考力・判断力・表現力」を涵養するため、グループでの作業や議論を行うアクティブラーニング型の授業として実施した。

題材とした分子系統樹は「生物」の学習内容であるが、学校設定科目の「ss 生物 α」において発展的内容として取り扱っている。

2 教材

(1) 問題1

次のA～Eの5つの文章は、何人もの人が書き写していった結果、写し間違いによって、もとの文章から5種類に変化していったものである。これらの文章の系統関係をあらわす系統樹として最も適当と考えられるものは、①～⑤のうちのどれか。それぞれの文章を比較したときの異なる部分の数（相違数）を数え、その結果をもとに答えなさい。

【A】 吾輩は猫である。名前はまだ無い。どこで生れたかとうんと見当がつかぬ。何でも薄暗いじめじめした所でニャーニャー鳴いていた事だけは記憶している。自分はここで始めて人間というものを見た。しかもあとで聞くとそれは書生という人間中で一番獰悪な種族であったそうだ。この書生というのは時々我々を捕えて焼いて食うという話である。

【B】 吾輩は猫である。名前はまだ無い。どこで生れたかとうんと見当がつかぬ。何でも薄暗い__所でニャーニャー泣いていた事だけは記憶している。自分はここで始めて人間というものを見た。しかもあとで聞くとそれは書生という人間中で一番獰悪な種族であったそうだ。この書生というのは時々我々を捕えて焼いて食うという話である。

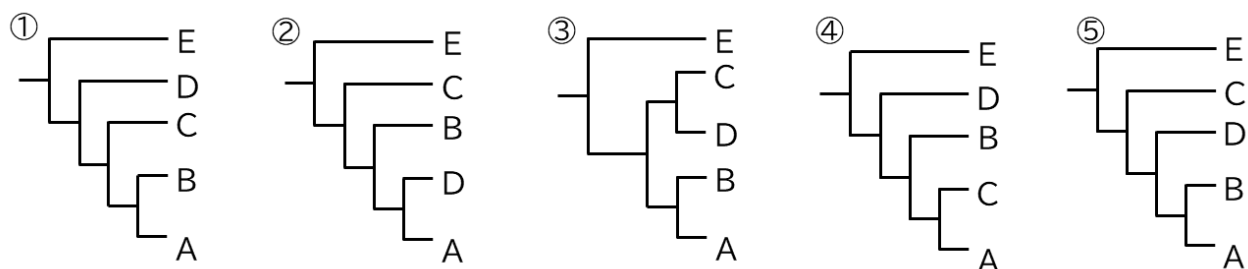
【C】 吾輩はシュレディンガーの猫である。存在はまだ無い。どこで生れたかとうんと見当がつかぬ。何でも薄暗いじめじめした所でニャーニャー泣いていた事だけは記憶している。吾輩はここで始めて人間というものを見た。しかもあとで聞くとそれは書生という人間中で一番獰悪な種族であったそうだ。この書生というのは時々我々を捕えて煮て食うという話である。

【D】 吾輩は猫である。名前はまだ無い。どこで生れたかとうんと覚えていない。何でも薄暗いじめじめした所でニャーニャー泣いていた事だけは記憶している。吾輩はここで始めて人間というものを見た。しかもあとで聞くとそれは書生という人間中で一番獰悪な種族であったそうだ。この書生というのは時々我々を捕えて焼いて食うという話である。

【E】 吾輩は猫である。名前はまだ無い。どこで生れたかとんと見当がつかぬ。何でも薄暗いじめじめした所でニャーニャー泣いていた事だけは記憶している。吾輩はここで始めて人間というものを知った。しかもあとで聞くとそれは書生という人間中で一番ヤバい種族であったそうだ。この書生というのはいつも我々を捕えて煮て食うという話である。

夏目漱石「吾輩は猫である」を一部変更。著作権はすでに消滅している。

文章中の下線部は、原文を変更した個所を示す。実際に生徒に配布する問題文には、下線はない。



相違数	文章	A	B	C	D	E
	A					
	B					
	C					
	D					
	E					

考えられる系統樹は _____

【解答】

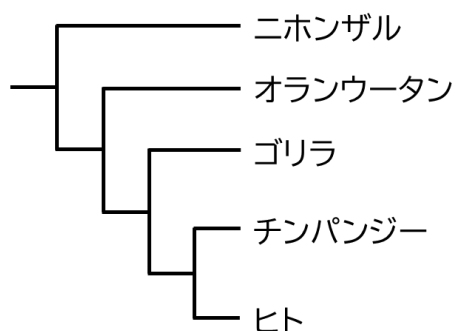
「⑤」が正解。もっとも近いのが文Aと文Bであるから、①、③、⑤の可能性がある。次に〔文Aと文B〕に文Dが近いので、③と⑤の可能性が残る。さらに、文Cは文Dに比べて、〔文Aと文B〕から遠いので、⑤が適当だとわかる。

文章	A	B	C	D	E
A					
B	2				
C	5	5			
D	3	3	4		
E	6	6	5	5	

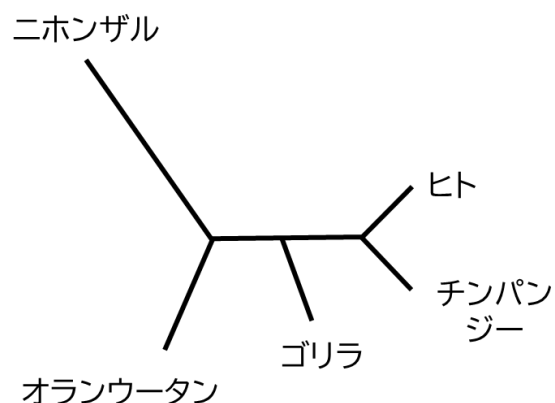
(2) 問題2

上のA～Eの5つの文章の相違数をもとに、無根系統樹を作成しなさい。

図Aのような樹根がある系統樹を有根系統樹、図Bのように樹根がない系統樹を無根系統樹という。実際の授業では、生徒は無根系統樹の作成方法について説明を受けてから、問題に取り組んでいる。



図A

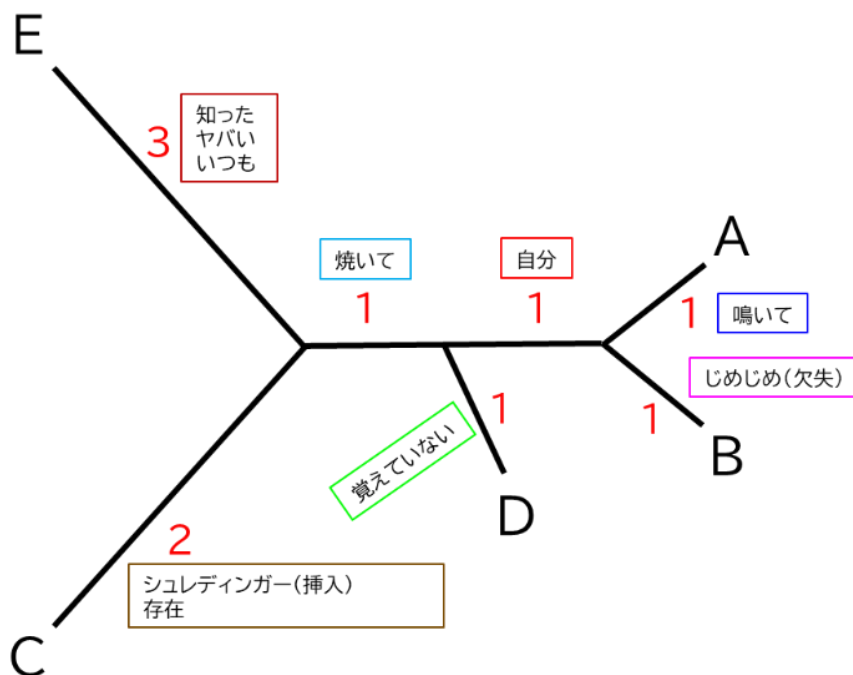


図B

【解答】

各文章の相違数を、距離に置き換えてならべる と右の図のような形になる。これをトポロジカルに変形した図が⑤の系統樹となる。文A、文B、文Dのように共通する間違いを持つ文章は、共通する起源を持つことが分かる。

センター試験問題（2017 年度 生物/追試験 第7問の問3）についても、同じ方法で無根系統樹をつくることができる。成果分析のため、実践後にセンター試験問題を解かせた際には、無根系統樹の作図に自主的に挑戦する生徒も見られた。



(3) 評価基準

「思考力・判断力・表現力」については、以下のルーブリックで評価する。系統樹の形を論理的に類推し、その根拠を表現できているかワークシートを確認する。問2については、到達できない生徒も多いため、展開によっては評価に加えない場合も考慮する。

A	問1に正しく答え、各文章の系統関係について論理的に説明している。 (問2が正しく作図できる。)
B	問1に正しく答えているが、各文章の系統関係についての説明が不十分である。 (問2について、作図に1～2か所間違いがある。)
C	問1に正しく答えていない。(問2について、3か所以上間違いがある。作図できない。)

はじめに

系統樹は、生物のあるグループに共通する性質の起源が、共通の祖先に由来することをもとにして進化の道筋を表したものです。(教科書 P.29 の脊椎動物の系統樹や P.30 の図3)

現在は、DNA 配列などの遺伝情報を比較することで、生物どうしの類縁関係を調べて系統樹が作成されるようになり、分子系統樹とよばれています。(教科書 P.30～31)

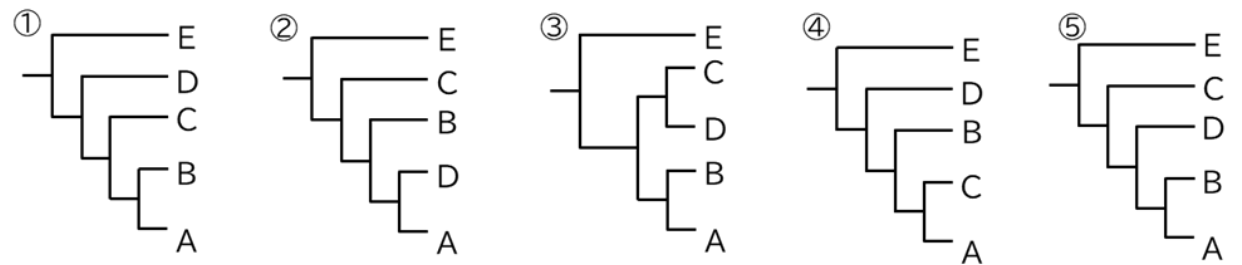
分子系統樹の考え方は、生物学を超えていろいろな分野で応用されている！

なぜなら、言語や民俗、写本などの文化遺物も、共通の祖先から時間の流れとともに変化してできたものだからです。これは生物の進化と同じです。その例をいくつか紹介します。

例：カンタベリー物語の写本、百鬼夜行絵巻、インドヨーロッパ語族の系統図 など

問題 1

配られた5種類の文章A～Eは、もととなった文章を写し書きしていった結果、写し間違いによって5種類に分かれたものである。これらの文章の系統樹として最も適切と考えられるものは、次のどれか。



それぞれの文章を比べると何か所違うか。下の各マスにそれぞれの文章を比べたとき、違うところの数（相違数）を記録して、その結果から考えてみましょう。

文章	A	B	C	D	E
A					
B					
C					
D					
E					

考えられる系統樹は _____

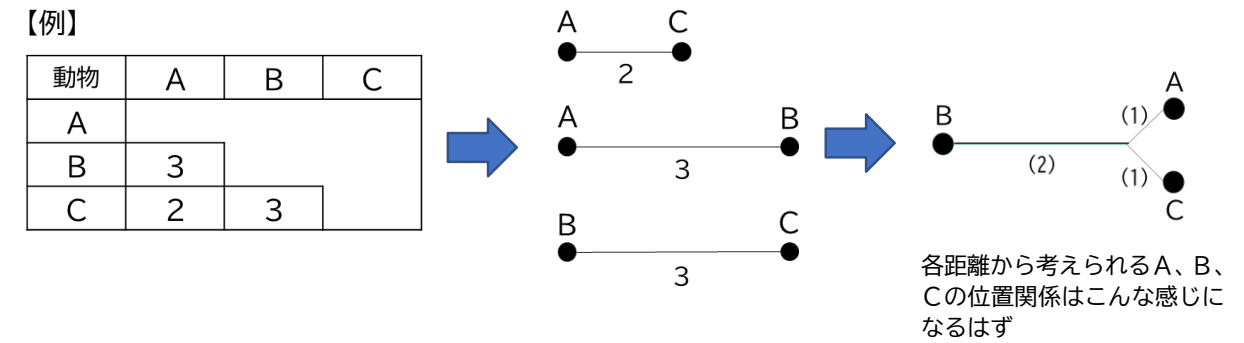
問題 1 で、なぜその系統樹を選んだのか、論理的に説明してみましょう。

問題 2

文章A～Eの無根系統樹をつくってみよう。

分子(DNA やアミノ酸)の配列の相違から、無根系統樹をつくる概念は次のような感じです。

○動物 ABC の分子の相違数を距離に置き換えて考える



(4) 授業振り返りルーブリック（自己評価）

1 年 組		番 氏名		月 日実施	
		達人	中級	ビギナー	
1	思考力・ 判断力・表眼力	自分で考え、その考えを仲間に正確に伝える表現ができた。	自分で考えることができたが、正確に伝えるための表現力が不足している。	自分で考える点が十分ではない。	
2	主体性	自分で考え、自分から動こうと意識するとともに、活動ができていた。	意識してから活動がしようと努めていた。	自分から活動しようという意識ができていなかった。	
3	協調性・多様性	自分の意見を出し、他人の考えをしっかりと受けとめ、仲間と共有することができた。	他者の考えを聴き、理解と深めようと努めた。	あまり取り組まなかった。あるいは独りよがりだった。	

5 活動案

入学後間もないため、アイスブレーキングを兼ねたアクティブ・ラーニング型の授業として「生物の特徴」の単元の中で実施した。しかし、分子系統樹の構築にはDNAやアミノ酸の配列データを用いることから、「遺伝子とその働き」の単元を学習した後に実施する展開案も考えられる。

時間	段階	教師の動き	生徒の活動
10 分	導入 講義	・ 5 人のグループになるよう指示。 ・ ワークシートを配布する。 ・ 分子系統樹について説明する。 ・ 「カンタベリー物語」の写本や「百鬼夜行絵巻」の事例を紹介し、分子系統樹の理論が、人文科学にも応用されていることを紹介する。 ・ 演習の目的と方法を説明する。 問題 1 5 種類の文章の系統関係をあらわす系統樹を考える。	・ グループを作る。 ・ ワークシートに目を通す。 ・ 説明を聞きながら、生物学の手法が、全く別の学問分野にも応用されていることを理解する。 ・ 演習の目的を理解する。
10 分	グループ 活動①	・ 作業の進み具合を適宜確認する。 ・ 7 分を経過したところで、パワーポイントで相違数表の答えやヒントを提示する。 ・ 机間巡視しながら、グループ内でのディスカッションを観察し、必要があれば助言する。	・ グループで協力して、各文章の相違数の表を完成させる。 ・ 相違数の答え合わせをする。 ・ 相違数表をもとに、文章の系統関係を示している系統樹を予測し、その系統樹を選んだ理由をワークシートに記入する。
20 分	グループ 活動②	・ 無根系統樹の作成方法について説明する。 問題 2 5 種類の文章の無根系統樹を作成する。 ・ 無根系統樹を作成するよう指示する。	・ 演習問題のやり方と無根系統樹の作り方を理解する。 ・ 相違数表をもとに、グループで協力して無根系統樹を作成し、ワークシートに記入する。
15 分	振り返り	・ 問題の答え合わせを行う。 ・ 系統樹についてまとめを行う。 ・ 授業振り返りルーブリックへの記入を指示し、記入後に回収する。 ・ ワークシートの画像を撮影し、Classi のポートフォリオに提出するよう指示する。	・ 授業振り返りルーブリックの該当する項目に○をつける。 ・ ワークシートの画像を Classi のポートフォリオに提出する。

6 単元の指導計画（6時間扱い）

次	時	学習内容・活動	知	思	態	評価方法・留意点等
1	1 2	課題 グループ活動で「現存する脊椎動物の種数」について、魚類が最も多い理由を考える。 講義 ・生物の多様性は進化と環境に由来する。 ・共通性は共通の祖先から進化したことに由来する。 ・「細胞・ATP・DNA」は、すべての生物に共通である。 アクティブ・ラーニング ・課題「現存する脊椎動物の中で、魚類の種数が一番多いのはなぜか」 まとめ（結論） 生物の多様性は進化と環境によるものであり、共通性は共通の形質をもつ祖先から進化したためである。			◎	態：協同的な活動において、科学的に考え、自分の意見を相手に伝えようとしている。 「主体性」、「協調性・多様性」、「自己認識」の各項目について自己評価ルーブリックを用いて評価する。 【自己評価ルーブリック】
	3 4	課題 真核細胞・原核細胞とは、それぞれどのような細胞か。どのような違いがあるか。 講義 ・真核細胞の細胞小器官について。 ・原核細胞は真核細胞とどのような点で異なるか。 ・細胞共生説。 ・SI接頭語（教科書にnm・μmの表記あり）を理解する。 まとめ（結論） 真核細胞…核膜がある。細胞小器官をもつ。真核生物は単細胞から多細胞まで多様であるなど。 原核細胞…DNAはもつが、核膜がない。細菌の細胞。真核細胞よりもずっと小さい（細胞共生説）		◎		思：科学的な根拠をあげて説明をしている。 自由に発想させる。種の多様性が、環境の多様性と進化の結果であることに基づいていけばよい。 【ワークシート、活動の様子】
						記録に残す評価をしない。

5	課題 オオカナダモの細胞の観察を行う。 実験・観察 - 顕微鏡の使い方を復習する。 - マイクロメーターの使い方を理解する。 - オオカナダモの顕微鏡画像とワークシートの画像をClassiにアップロードする。（生徒の活動記録をポートフォリオ化する）	◎		技：顕微鏡の使い方について、できていない生徒にはフォローの指導をする。【活動の様子】 技：オオカナダモの細胞が観察できた。マイクロメーターを用いて、細胞の大きさを測ることができた。【ワークシート】 基本的な顕微鏡操作の習熟を目指すため、この後の単元でも「だ腺染色体の観察」、「ブタ赤血球の観察」を実施する予定である。 すべての実験・観察が終わった2月に顕微鏡操作のパフォーマンステストを行うことを生徒に伝え、顕微鏡の使い方を習得するよう促す。
6	課題 グループで協力して、系統樹を作成する。 講義 - 分子系統樹 - 分子系統樹のアルゴリズムの学際的な応用について学ぶ。 アクティブ・ラーニング - 課題「5つの文章の違いを比較して、系統樹をつくってみよう（グループ活動）」 - 情報を適切に判断し、系統樹を作成する。 まとめ（結論） 分子系統樹の基本的な考え方が身についた。	◎	◎	◎ 態：班員と協力し、課題を解決しようとしている。【活動の様子、自己評価ルーブリック】 ◎ 思：系統樹の形を論理的に類推し、その根拠を表現している。【ワークシート】

※知識・（技能）の記録に残す評価については、ペーパーテストで見とる。